

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

11033 U.S. PTO
09/883956
06/20/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年 7月13日

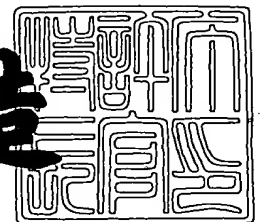
出願番号
Application Number: 特願2000-212619

出願人
Applicant(s): 三菱電機株式会社

2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3016138

【書類名】 特許願
【整理番号】 525293JP01
【提出日】 平成12年 7月13日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01S 3/18
H01S 3/094

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 井上 陽子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 藤川 周一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 古田 啓介

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100057874

【弁理士】

【氏名又は名称】 會我 道照

【選任した代理人】

【識別番号】 100110423

【弁理士】

【氏名又は名称】 會我 道治

【選任した代理人】

【識別番号】 100071629

【弁理士】

【氏名又は名称】 池谷 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100084010

【弁理士】

【氏名又は名称】 古川 秀利

【選任した代理人】

【識別番号】 100094695

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 憲七

【選任した代理人】

【識別番号】 100081916

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷 正久

【選任した代理人】

【識別番号】 100087985

【弁理士】

【氏名又は名称】 福井 宏司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000181

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ励起固体レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性媒質を含む固体レーザ素子と、
前記固体レーザ素子を光励起する半導体レーザと、
前記半導体レーザに電力を供給する電源と、
光励起された固体レーザ素子よりレーザ光を取り出す光共振器と
を備えた半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内で変化させる
ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内で逐次減少させる
ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内でパルス初期のみ逐次
減少させる
ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内で逐次増加させる
ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内でパルス初期のみ逐次
増加させる
ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 6】 請求項 1 記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、
前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、
前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1 パルス内でステップ状に変化させる

ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、

前記固体レーザ素子を囲むように配置され、内面がレーザ光を拡散反射するように構成された拡散反射集光器と、前記半導体レーザから発せられたレーザ光を、全反射を繰り返すことにより拡散反射集光器の内部に導光するための光導波光学素子とをさらに備えた

ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置において、

前記固体レーザ素子は、断面が矩形でなる

ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、安定で効率よくレーザビームを発生させることができる半導体レーザ励起固体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図 1 7 (a), (b) 及び図 1 8 は、例えば文献 (Advanced High-Power Lasers, SPIE Vol.3889, pp. 182-189) に示された従来の半導体レーザ励起固体レーザ装置の構成を示す側面図と横断面図、及び半導体レーザに流す入力電流波形とレーザ出力波形を示す図である。

図 1 7 (a), (b) において、1 は励起光源である半導体レーザ、2 は固体レーザ素子としてのスラブ形状の Nd : YAG である。3 は励起光である半導体

レーザ光、4はフローチューブである。

【0003】

上記固体レーザ素子2は、フローチューブ4に挿入され、固体レーザ素子2とフローチューブ4の間には、固体レーザ素子2を冷却するために、冷却媒体5として冷水が流されている。半導体レーザ1は、フローチューブ4外部に設置され、出射された半導体レーザ光3は、金製のミラー6により反射、導光されて、フローチューブ4を介して固体レーザ素子2を励起する。また、フローチューブ4の周囲は、半導体レーザ光3が入射する領域を除き、金製のミラー6で覆われている。これにより、フローチューブ4内部に半導体レーザ光3を閉じ込める効果を得、励起効率の向上を図っている。9と10は共振器を構成する主反射ミラーと部分反射ミラーであり、11は共振器外部に放出されるレーザ光である。

【0004】

次に、半導体レーザ1のパルス励起による固体レーザ装置の動作について説明する。

半導体レーザ1に電流を流すと、発光部より半導体レーザ光が出射する。従来は、半導体レーザをパルス動作させる際、図18に示す入力電流波形のように、1パルス内の電流値を常に一定に保っていた。半導体レーザ内部では、電流による入力エネルギーに対して、半導体レーザ光として取り出される出力エネルギーとの差は半導体レーザの発熱となり、ここでは図示されていないが、冷却装置により、この熱量を除去している。

【0005】

出射された半導体レーザ光は、固体レーザ素子2を励起し、固体レーザ素子2より自然放出光が発生する。

その際、図17(a)に示すように、ミラー9、10により構成された光共振器を備えることで、自然放出光が共振器間を往復する間に増幅され、指向性のよいレーザ光となる。そして、一定以上の大きさに達すると、レーザ光11として共振器外部に放出される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、半導体レーザ 1 に電流を流し始めてから、入力エネルギー、半導体レーザ光として取り出される出力エネルギー、および冷却装置による廃熱とが熱平衡に達するまでには時間を要する。このため、従来の技術のように、半導体レーザ 1 に常に一定値の電流を流した場合には、半導体レーザ 1 の内部で熱平衡に達するまでの間は経時的に内部温度が変化していた。

【0007】

半導体レーザ 1 の発振スペクトルは温度依存性を有し、高温化するほど長波長へ変化する。従来の半導体レーザ 1 のパルス動作では、温度変化に対応し、1 パルス内での発振スペクトルも経時的に変化していた。そのため、1 パルス全体でも半導体レーザ 1 の発振スペクトルと固体レーザ素子 2 の吸収スペクトルとの整合性が低下し、半導体レーザ光の吸収率の低下等を引き起こしていた。

【0008】

例えば熱平衡時に半導体レーザ 1 の発振スペクトルが固体レーザ素子 2 の吸収スペクトルよりも長い場合、励起開始直後は、固体レーザ素子 2 における半導体レーザ光の吸収率は高くなるものの、温度上昇による経時的な波長変化のために、1 パルス内における半導体レーザ光の吸収率は逐次減少する。この結果、1 パルス継続時間内におけるレーザ出力も逐次低下し、加工用途等へ使用した場合、加工品質が劣化するという問題があった。

【0009】

さらに、励起開始直後の励起光吸収率が高くなるため、図 18 にも現れているように、緩和発振によるレーザパルス先頭のスパイクが顕著になり、加工品質を低下させる原因になるばかりでなく、共振器ミラー等の光学部品損傷を引き起こす一因ともなっていた。

【0010】

この発明は、かかる問題点を解決するためになされたものであり、パルス動作させる半導体レーザにおいて、1 パルス内での半導体レーザの発振スペクトルの変化を抑制し、効率良く固体レーザ媒質を励起し、安定かつ高出力にレーザ光を発生させることができる半導体レーザ励起固体レーザ装置を得ることを目的とし

ている。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る半導体レーザ励起固体レーザ装置は、活性媒質を含む固体レーザ素子と、前記固体レーザ素子を光励起する半導体レーザと、前記半導体レーザに電力を供給する電源と、光励起された固体レーザ素子よりレーザ光を取り出す光共振器とを備えた半導体レーザ励起固体レーザ装置において、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内で変化させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

また、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内で逐次減少させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 3 】

また、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内でパルス初期のみ逐次減少させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

また、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内で逐次増加させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

また、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内でパルス初期のみ逐次増加させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

また、前記半導体レーザをパルス動作させ前記固体レーザ素子をパルス励起する際、前記電源から前記半導体レーザに流す電流を、1パルス内でステップ状に

変化させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

また、前記固体レーザー素子を囲むように配置され、内面がレーザー光を拡散反射するように構成された拡散反射集光器と、前記半導体レーザーから発せられたレーザー光を、全反射を繰り返すことにより拡散反射集光器の内部に導光するための光導波光学素子とをさらに備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

さらに、前記固体レーザー素子は、断面が矩形でなることを特徴とするものである。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

実施の形態 1.

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による半導体レーザー励起固体レーザー装置を説明するための図である。

図 1 において、図 1 7 に示す従来例と同一符号は同一部分もしくは相当部分を示す。本実施の形態 1 において、活性媒質を含む固体レーザー素子 2 は、例えば Nd : YAG (Nd:Yttrium Aluminum Garnet) からなり、断面が円形のロッド状の形をしている。固体レーザー素子 2 には、これを囲むようにフローチューブ 4 が設けられ、このフローチューブ 4 と固体レーザー素子 2 の間には冷却媒体 5 が流されている。半導体レーザー 1 は、フローチューブ 4 の外部に設置され、フローチューブ 4 は、ガラスや石英等のように、半導体レーザー 1 から発せられた半導体レーザー光 3 を透過する媒質で製作されている。

【 0 0 2 0 】

半導体レーザー 1 は、温度制御装置 7 に接続され、温度制御装置 7 は、半導体レーザー 1 から発せられる半導体レーザー光 3 のスペクトルが固体レーザー素子 2 の吸収スペクトルにほぼ一致するように、半導体レーザー 1 の温度を制御している。

また、半導体レーザー 1 は、電源 8 に接続し、電流が供給される。電源 8 によって半導体レーザー 1 に電流が流されると、半導体レーザー 1 から半導体レーザー光 3 が出射され、固体レーザー素子 2 に吸収されて、固体レーザー素子 2 内の活性媒質を励

起する。

【0021】

全反射ミラー9、部分反射ミラー10は、固体レーザー素子2を挟んで光軸上に設けられている。全反射ミラー9は、レーザー光11に対してほとんど全反射する高い反射率を持ち、部分反射ミラー10は、レーザー光11の一部を反射するような反射率を有し、これらによって、光励起された固体レーザー素子2からレーザー光11を取り出す光共振器を構成する。

【0022】

次に、従来の技術を比較例に用いて、本実施の形態1による半導体レーザー励起固体レーザー装置の動作を詳しく説明する。

図2は、本実施の形態1と比較例による、電源8から半導体レーザー1に供給される電流波形を示している。

1パルスを通して半導体レーザー1に流される電流値は、比較例では一定であるが（図2（a）参照）、本実施の形態1では、パルス初期に最も高く、パルス継続時間とともに逐次減少するように制御している（図2（b）参照）。すなわち、電源8は、1パルス内での電流波形を制御するパルス電流波形制御手段を備えている。

【0023】

前述したように、半導体レーザー1の発振スペクトルは温度に依存する。

図3に、半導体レーザー1の発振スペクトルと温度との関係を表した例を示す。図3に示すように、半導体レーザー1の発振スペクトルは、温度が高いほど長くなる。

【0024】

半導体レーザー1に電流を流すと、半導体レーザー1は発熱し、内部温度が上昇を始める。半導体レーザー1の発熱量と温度制御装置7の廃熱量とが熱平衡に達すると、半導体レーザー1の温度が一定になる。しかし、温度制御装置7には応答時間が存在し、また、半導体レーザー1内部が熱平衡に達し、発振スペクトルが一定に定まるまでには時間を要する。したがって、1パルスの継続時間内において、半導体レーザー1内部で熱平衡に達するまでの間は、発振スペクトルが随時変化する

【 0 0 2 5 】

図 4 は、本実施の形態 1 と比較例による半導体レーザの温度変化の様子を表している。

パルス開始と同時に急激に電流が立ち上がるために、半導体レーザ 1 の内部では発熱量が廃熱量を上回り、半導体レーザ 1 に蓄熱され、温度が上昇する。この温度上昇は、半導体レーザ 1 の内部が熱平衡に達するまで継続するが、比較例では、常に同じエネルギーが入力され続けるために、熱平衡に達するまでには長時間必要になる（図 4（a）参照）。

一方、本実施の形態 1 では、パルス開始時から時間とともに入力エネルギーが減少するため、過熱による温度上昇を抑制することができ、熱平衡に達するまでの時間を短縮することができる（図 4（b）参照）。

【 0 0 2 6 】

半導体レーザ 1 の発振スペクトルは、この温度変化に対応して変化し、1 パルス動作の時間内で熱平衡に達しなければ、半導体レーザ 1 の発振スペクトルは 1 パルス中で常に変化しつづける。図 2 に示したパルス動作に対する半導体レーザ 1 の発振スペクトルの変化を、初期（パルス立ち上がり開始より $0.100 \mu\text{sec}$ ）、中期（ $400.500 \mu\text{sec}$ ）、後期（ $900.1000 \mu\text{sec}$ ）の 3 期間について図示すると、比較例では図 5（a）、本実施の形態 1 では図 5（b）のように示される。ここでは、例として、熱平衡時に半導体レーザ 1 の発振スペクトルが固体レーザ素子 2 の吸収スペクトルにほぼ一致するものについて示している。

【 0 0 2 7 】

固体レーザ素子 2 として Nd : YAG の場合について、その吸収スペクトルを図 6 に示すと、スペクトル吸収率は 808 nm 付近をピークとして、その前後の波長では急激に低下する。比較例では、励起光である半導体レーザ光の 1 パルス内での発振スペクトルの変化が大きく、パルス全体に渡っての固体レーザ素子 2 の吸収スペクトルと半導体レーザ 1 の発振スペクトルの整合がとれないことが示されている。

【 0 0 2 8 】

図 7 は、比較例および本実施の形態 1 による励起効率を示している。

発振スペクトルの変化が原因となり、比較例ではパルス初期に励起効率が大きく低下する（図 7（a）参照）。一方、本実施の形態 1 では、パルス全体を通して高く、ほぼ一定の励起効率を維持することができている（図 7（b）参照）。

【 0 0 2 9 】

最終的に得られるレーザ出力波形を図示すると、比較例では図 8（a）、本実施の形態 1 では図 8（b）のようになる。比較例による大きな出力波形の崩れに対し、本実施の形態 1 では、パルス全体を通して一定の高い出力が得られている。これは、励起効率を主に反映したものであるが、さらに、本実施の形態 1 では、パルス初期は大きな電流を流すために、半導体レーザ 1 の出力が高く、励起効率の低下を補い、レーザ出力を一層安定化する効果も上げている。また、電流を逐次減少させているため、消費電力を削減する効果もある。

【 0 0 3 0 】

これらのレーザを加工に用いる場合には、比較例では、加工性能が劣化し、1 パルスあたりのレーザ出力も低いため、加工効率も低下する。一方、本実施の形態 1 では、レーザ出力波形もほぼ矩形状を維持しており、また、パルス全体としても高い出力が得られているため、性能、効率ともに良好な加工を行うことができる。

【 0 0 3 1 】

また、熱平衡時の発振スペクトルが固体レーザ素子 2 の吸収スペクトルより短波長である半導体レーザ 1 を使用する場合においても、常に熱平衡時の状態に近い動作を実現するために、パルス初期の顕著な励起効率の低下を回避して高い励起効率を維持し、本実施の形態 1 はさらに効果を発する。

【 0 0 3 2 】

以上に述べたように、本実施の形態 1 によれば、電源 8 から半導体レーザ 1 に流す電流を 1 パルス内で変化させる制御、つまり逐次減少するように制御を行うことにより、消費電力を削減しつつ、固体レーザ素子 2 を効率良く励起することができ、高出力なレーザビームを安定に得ることができる。また、本実施の形態

1 は、電流の制御のみで実現することができるため、簡易かつ安価に高性能なレーザー装置を得ることができるという利点もある。

【0033】

実施の形態 2.

前記実施の形態 1 においては、パルス全体に渡り、電源 8 から半導体レーザー 1 に流す電流を、逐次減少させる構成を示したが、電流を減少させる方法はこれに限るものではない。例えば、図 9 に示すように、パルス初期のみの電流を逐次減少させる構成とすれば、パルス初期の励起効率の低下を抑制し、常に効率良く励起し、安定なレーザービームを得ることができる。

【0034】

実施の形態 3.

図 10 は、この発明の実施の形態 3 による半導体レーザー励起固体レーザー装置の半導体レーザーを駆動する電流波形を示した図である。

本実施の形態 3 では、半導体レーザー 1 に流す電流を 1 パルス内で逐次増加させることを特徴としている。

図 10 のように、1 パルス内で半導体レーザー 1 に流す電流を増加させることにより、半導体レーザー 1 の発振スペクトルが、固体レーザー素子 2 の吸収スペクトルよりも長い場合、パルス全体を通してほぼ一定の発振効率を保つことができる。

【0035】

これは次のように説明される。

まず、パルス初期では、電流値が小さく、入力エネルギーが小さいため、半導体レーザー 1 の発振波長は熱平衡時よりも短く、パルス継続時間とともに、長波長へと変化していく。発振スペクトル変化にともなう励起効率の変化を図 11 (a) に示す。レーザー出力では、パルス後期に発振スペクトルが長く、低い励起効率となる領域を、電流値が大きいために半導体レーザー出力が大きくなり、これを補い、図 11 (b) に示すように、パルス全体を通して、ほぼ一定の出力となる。

【0036】

さらに、このように半導体レーザー 1 の発振スペクトルが吸収スペクトルよりも長い場合には、図 12 (a) に示す比較例では、レーザー発振開始直後の励起光吸

収率が高くなる。この場合、図 1 2 (b) のように、レーザの発振開始直後に緩和発振が発生する。しかし、本実施の形態 3 によれば、パルス初期に電流値を小さくして、吸収率を低下させることができるため、緩和発振を抑制することもできる。また、パルス初期の電流値を下げることにより、消費電力を削減するため、レーザの効率を向上する効果もある。

【 0 0 3 7 】

以上のように、本実施の形態 3 によれば、半導体レーザ 1 を用いてパルス励起をする際、半導体レーザ 1 に流す電流を逐次増加させるので、消費電力を低減しながら、常に一定の発振効率を保つことができるばかりでなく、緩和発振を効果的に抑制することができる。この結果、発振スペクトルの長い半導体レーザを用いる場合でも、1 パルスのレーザ出力を一定に保ち、高い加工品質を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

実施の形態 4.

前記実施の形態 3 においては、パルス全体に渡り、半導体レーザ 1 に流す電流を、逐次増加させる構成を示したが、電流を増加させる方法はこれに限るものではない。例えば、図 1 3 に示すように、パルス初期のみの電流を逐次増加させる構成とすれば、発振スペクトルによらず、緩和発振の発生を効果的に抑制し、高い加工品質が得られるばかりでなく、光学部品の損傷を防止することもできる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 5.

前記した実施の形態 1 乃至 4 においては、連続的に電流を減少または増加させる構成を示したが、電流値の変化をステップ状に行ってもよい。例えば、図 1 4 に示すように、パルスの先頭部分のみをステップ的に電流値を減少させても、実施の形態 4 と同様の効果が得られるばかりでなく、電流の制御が容易になる。

なお、本実施の形態 5 では、半導体レーザ 1 に流す電流をステップ状に 1 段階変化させるものを示したが、複数段階に分けて変化させてもよい。

【 0 0 4 0 】

実施の形態 6.

図 1 5 は、この発明の実施の形態 6 による半導体レーザ励起固体レーザ装置を説明するための図である。

図 1 5 において、図 1 に示す実施の形態 1 と同一部分は同一符号を付してその説明は省略する。新たな符号として、1 2 は固体レーザ素子 2 を囲むように配置され、内面が半導体レーザ光 3 を拡散反射するように構成された、拡散反射集光器であり、半導体レーザ 1 から発せられた半導体レーザ光 3 を内部に導光するための開口部（図示せず）が開けられている。また、その開口部には、サファイア、ドープされていない Y A G (Yttrium Aluminum Garnet)、または半導体レーザ光 3 に対して高屈折率のガラスからなる、半導体レーザ光 3 を導波する光導波光学素子 1 4 が取り付けられている。

【 0 0 4 1 】

そして、光導波光学素子 1 4 の内部に入射した半導体レーザ光 3 は、光導波光学素子 1 4 と周囲との屈折率差により、光導波光学素子 1 4 の内部において全反射をくり返すことによって、効率良く導波される。さらに、光導波光学素子 1 4 の端面には、半導体レーザ光 3 に対する無反射コーティングが施され、半導体レーザ 1 は、光導波光学素子 1 4 の端面に近接して配置されているため、半導体レーザ光 3 はほとんど損失無く拡散反射集光器 1 2 の内部に導光される。なお、この実施の形態 6 に係る半導体レーザ励起固体レーザ装置においても、前記実施の形態 1 乃至 5 で述べたようにして、半導体レーザ 1 に電流を流す。

【 0 0 4 2 】

したがって、実施の形態 6 によれば、固体レーザ素子 2 によって吸収されなかった励起光が、固体レーザ素子 2 を通過後、拡散反射集光器 1 2 の内面で拡散反射し、再び固体レーザ素子 2 を励起するようにしたので、固体レーザ素子 2 を均一に効率良く励起することができ、さらに効率よくレーザ光を取り出すことができる。

【 0 0 4 3 】

また、拡散反射集光器 1 2 に光導波光学素子 1 4 を取り付けただので、励起光を効率良く拡散反射集光器 1 2 内部へ導光することができ、さらに効率のよい半導体レーザ励起固体レーザ装置となる。

【 0 0 4 4 】

なお、本実施の形態 6 においては、集光器の内面が拡散反射面で構成される拡散反射集光器を用いる場合を示したが、集光器内面は、例えば金の内面を鏡面研磨したもの、あるいは、ガラスの内面に半導体レーザ光 3 に対する全反射コーティングを施したもののよう、半導体レーザ光 3 に対して高反射な内面を有していればよい。

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態 6 においては、光導波光学素子 1 4 は板状のものを示したが、これは楔形やレンズ効果を有したものなどいかなる形状であってもよい。また、ここでは、光導波光学素子 1 4 を用いる構成を示したが、これを用いずに、集光器 1 2 の開口部に近接して半導体レーザ 1 を設置してもよい。また、開口部の内壁全面もしくは一部に、半導体レーザ光に対して高反射なコーティングや光学素子により構成すれば、効率良く半導体レーザ光を集光器内部に伝送することができる。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 7.

上述したいずれの実施の形態においても、固体レーザ素子 2 として、ロッド状のものについてのみ説明したが、断面が円形に限るものではなく、例えば矩形、楕円等どのような形状でもよい。また、固体レーザ素子 2 の冷却には、その周囲を取り囲むように設置したフローチューブ 4 の内部に冷却媒体 5 を流すことにより行うことを説明したが、冷却手段はこれに限るものではなく、どのような冷却手段を用いてもよい。例えば、図 1 6 に示すように、断面が矩形の固体レーザ素子 2 を冷却板 1 5 の上に配置すれば、簡単な構成で固体レーザ素子 2 を冷却することができる。

なお、いずれの実施の形態においても、固体レーザ素子 2 として、Nd : YAG を用いるものについてのみ説明したが、この発明はこれに限るものではなく、半導体レーザで光励起できる固体レーザ素子であればよい。

【 0 0 4 7 】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、活性媒質を含む固体レーザー素子、この固体レーザー素子を光励起する半導体レーザー、半導体レーザーに電力を供給する電源、光励起された固体レーザー素子よりレーザー光を取り出す光共振器を備えた半導体レーザー励起固体レーザー装置において、半導体レーザーをパルス動作させ、固体レーザー素子をパルス励起する際、半導体レーザーに流す電流を、1パルス内で変化させるようにしたので、1パルス内で半導体レーザーの発振スペクトルおよび出力を制御することができ、安定で効率のよい半導体レーザー励起固体レーザー装置を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

また、半導体レーザーに流す電流を、1パルス内で逐次減少させるようにしたので、消費電力を削減しながら固体レーザー素子を効率良く励起することができ、半導体レーザーの発振スペクトルの変化を低減し、常に一定の発振効率を保ち、安定で効率のよい半導体レーザー励起固体レーザー装置を得ることができる。

【 0 0 4 9 】

また、半導体レーザーに流す電流を、パルス初期のみの電流を逐次減少させることにより、パルス初期の励起効率の低下を抑制し、常に効率良く励起し、安定なレーザービームを得ることができる。

【 0 0 5 0 】

また、半導体レーザーに流す電流を、1パルス内で逐次増加させるように変化させたので、消費電力を削減しながら、常に一定の発振効率を保つことができるばかりでなく、レーザー発振開始直後に発生しうる緩和発振を抑制し、安定で効率のよい半導体レーザー励起固体レーザー装置を得ることができる。

【 0 0 5 1 】

また、半導体レーザーに流す電流を、1パルス内でパルス初期のみ逐次増加させるように変化させたので、発振スペクトルによらず、緩和発振の発生を抑制し、高いか高品質が得られるばかりでなく、光学部品の損傷を防止できる。

【 0 0 5 2 】

また、半導体レーザーに流す電流を、1パルス内でステップ状に減少するように変化させたので、上記効果に加え、電流の制御が容易で安価な半導体レーザー励起

固体レーザ装置を得ることができる。

【0053】

また、拡散反射集光器と光導波光学素子を備えたので、励起光を効率良く拡散反射集光器内部へ導光することができ、固体レーザ素子を均一に効率良く励起することができ、さらに効率よくレーザ光を取り出せることができる。

【0054】

さらに、断面が矩形の固体レーザ素子を冷却板の上に配置することにより、簡単な構成で固体レーザ素子を冷却することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す構成図である。

【図2】 実施の形態1および比較例による半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【図3】 半導体レーザの発振スペクトルと温度との関係を示す図である。

【図4】 実施の形態1および比較例による半導体レーザの温度変化を示す図である。

【図5】 実施の形態1および比較例による半導体レーザの発振スペクトル変化を示す図である。

【図6】 固体レーザ素子の吸収スペクトルを示した図である。

【図7】 実施の形態1と比較例による半導体レーザの励起効率の変化を示す図である。

【図8】 実施の形態1および比較例におけるレーザ出力波形を示す図である。

【図9】 実施の形態2に係る半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【図10】 実施の形態3に係る半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【図11】 実施の形態3による励起効率とレーザ出力波形を示す図である。

【図 1 2】 実施の形態 3 における比較例による励起効率とレーザ出力波形を示す図である。

【図 1 3】 実施の形態 4 に係る半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【図 1 4】 実施の形態 5 に係る半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【図 1 5】 実施の形態 6 に係る半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 1 6】 実施の形態 7 に係る半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 1 7】 従来の半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す構成図である。

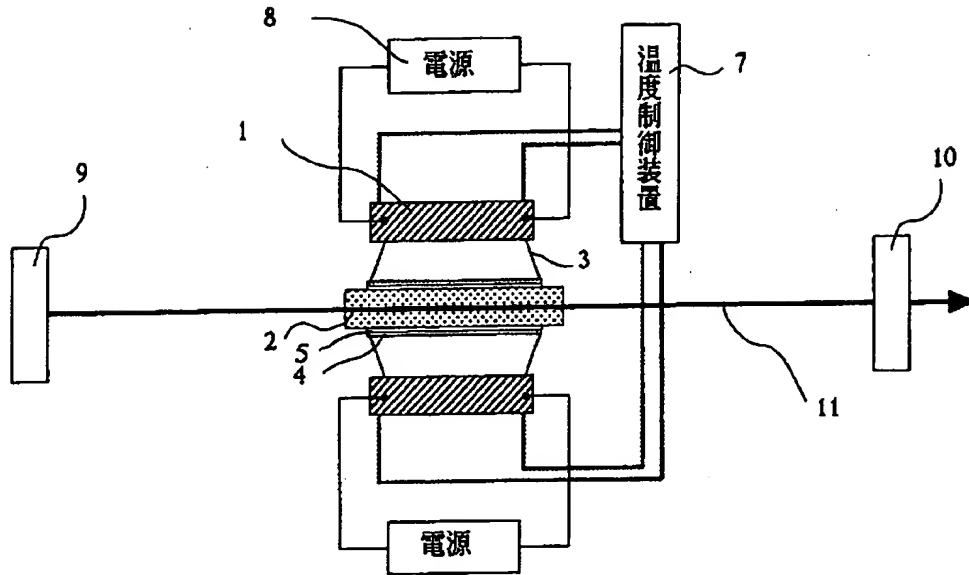
【図 1 8】 従来の半導体レーザに流す電流波形を示す図である。

【符号の説明】

1 半導体レーザ、2 固体レーザ素子、3 半導体レーザ光、4 フローチューブ、5 冷却媒体、6 金製ミラー、7 温度制御装置、8 電源、9 全反射ミラー、10 部分反射ミラー、11 レーザ光、12 拡散反射集光器、13 開口部、14 光導波光学素子、15 冷却板。

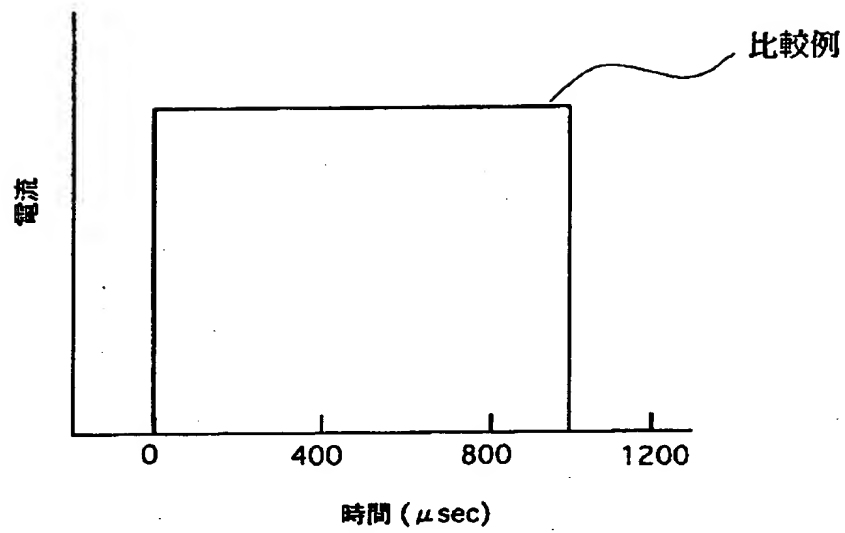
【書類名】 図面

【図 1】

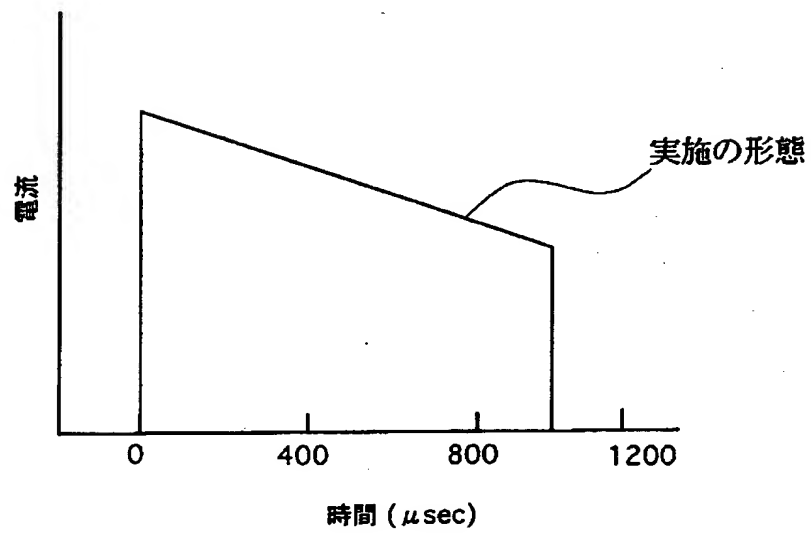


【図 2】

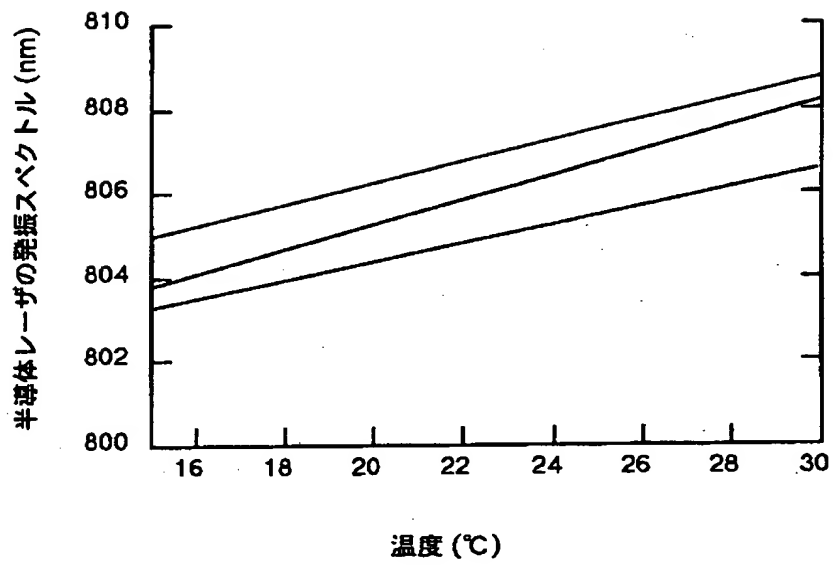
(a)



(b)

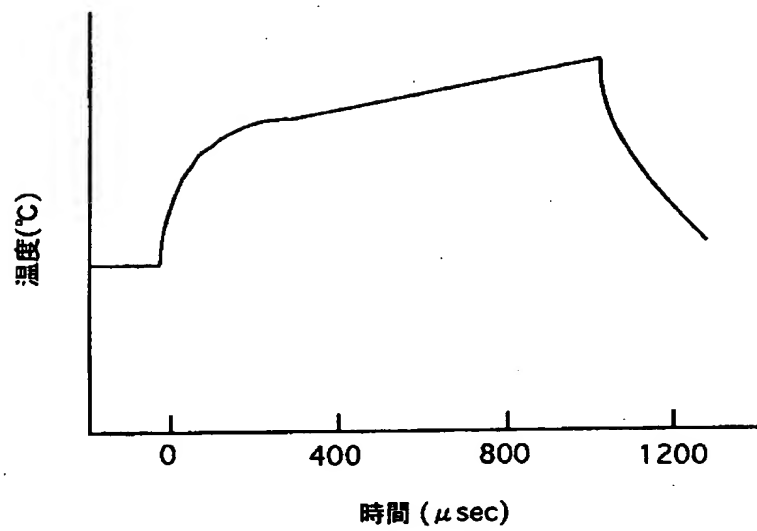


【図 3】

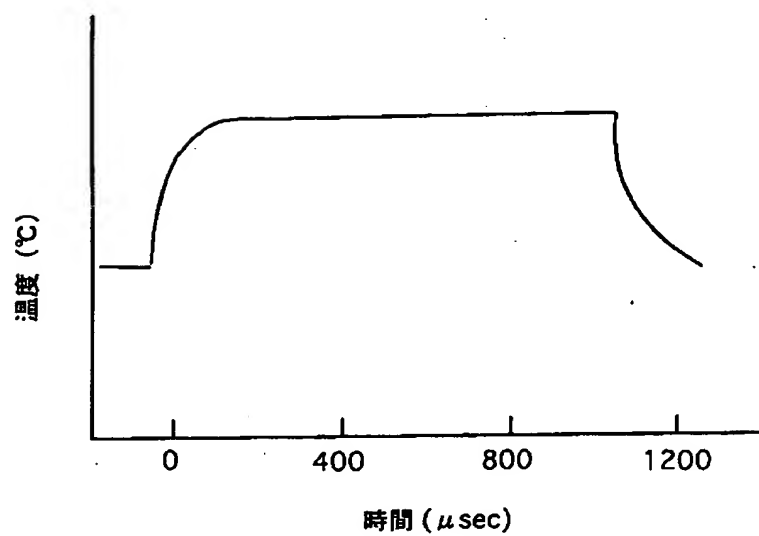


【図 4】

(a)

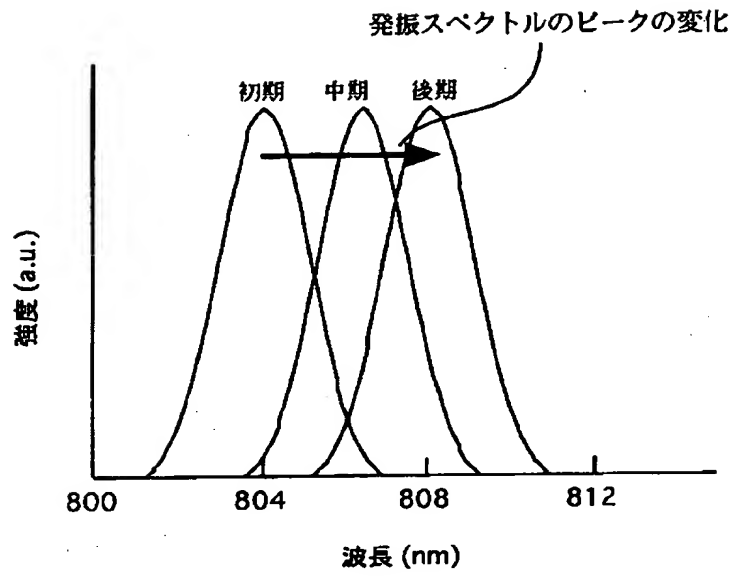


(b)

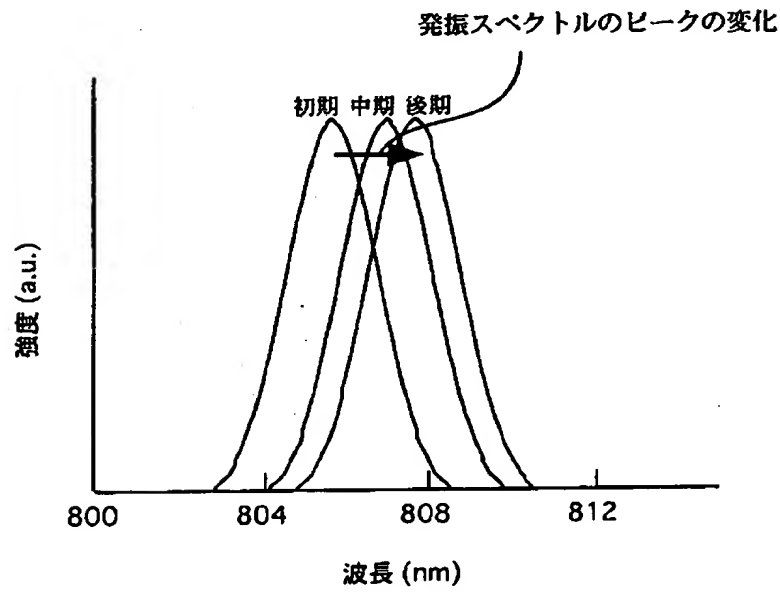


【図 5】

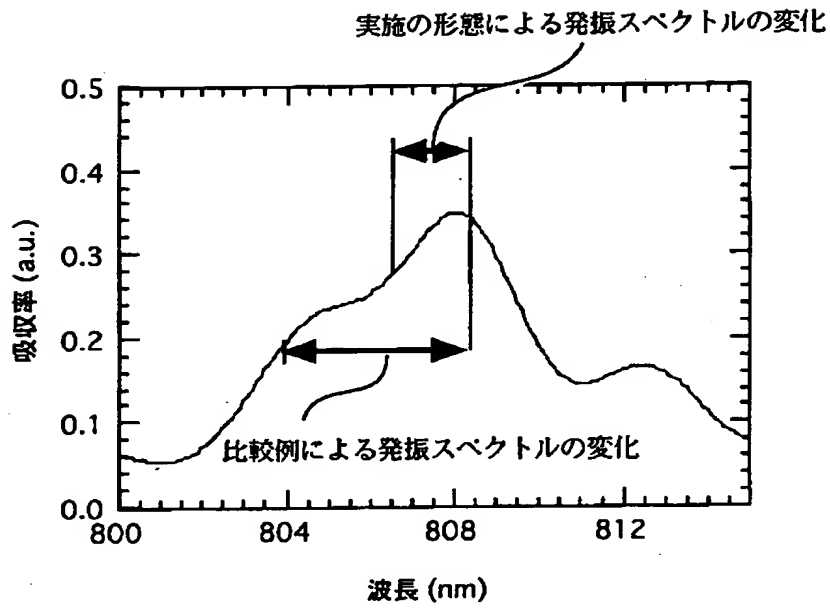
(a)



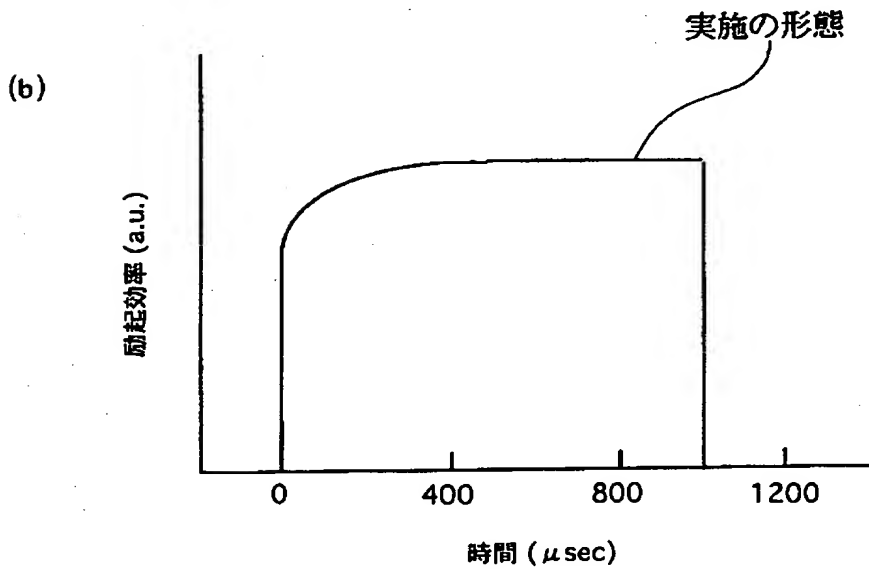
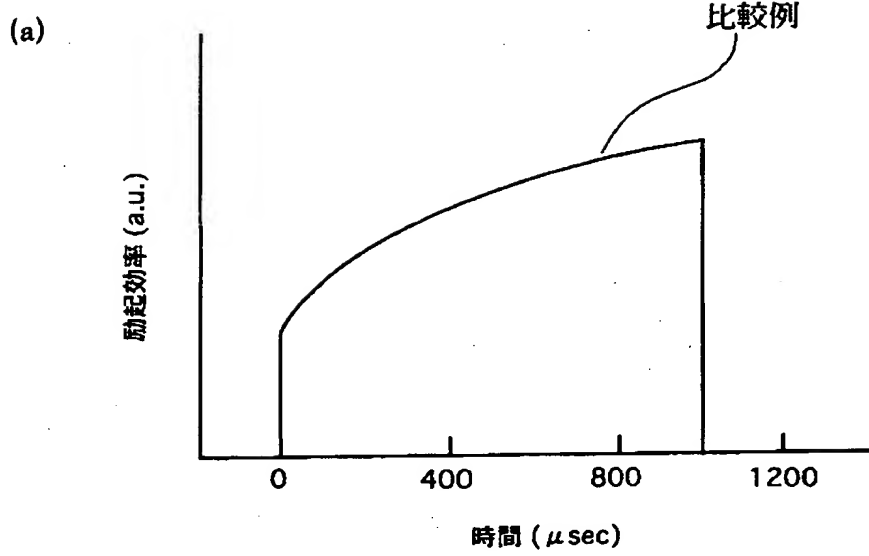
(b)



【図 6】

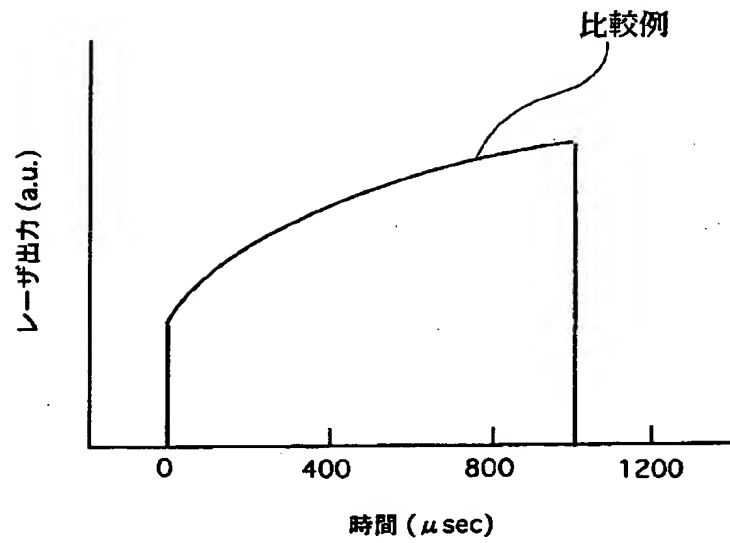


【図 7】

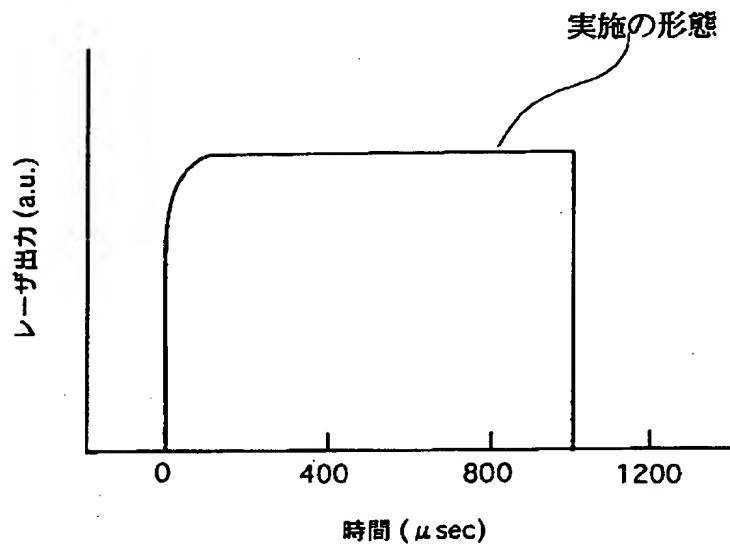


【図 8】

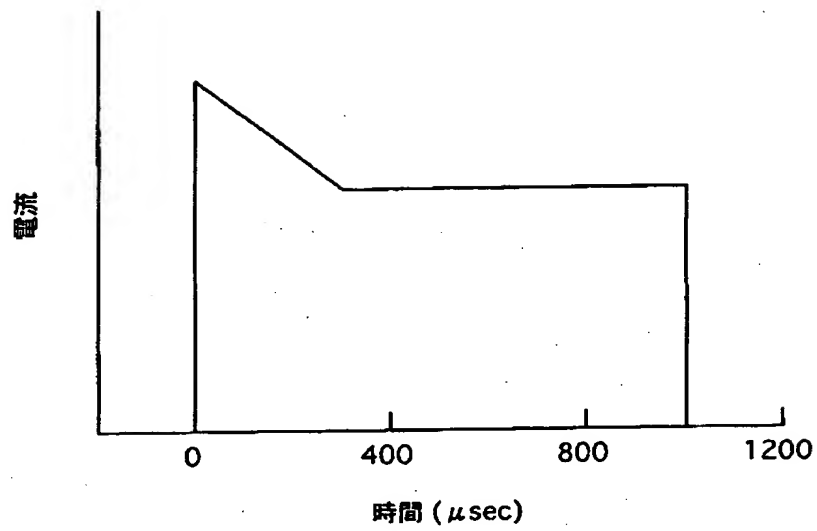
(a)



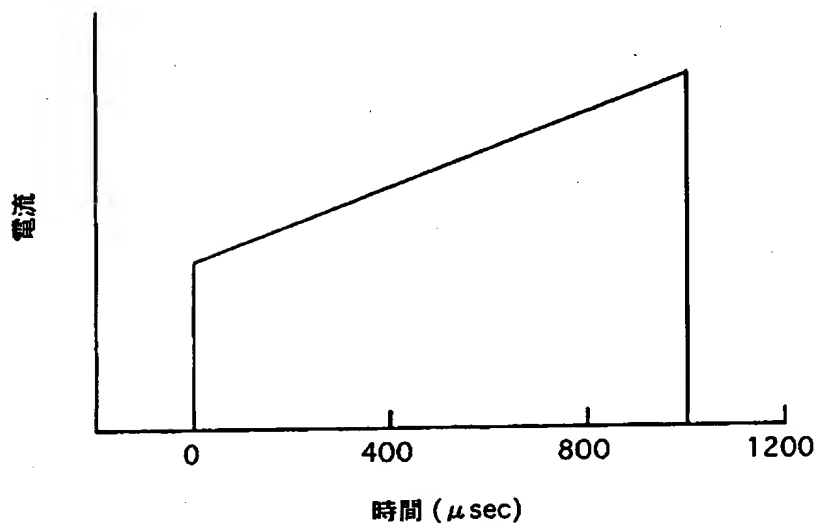
(b)



【図 9】

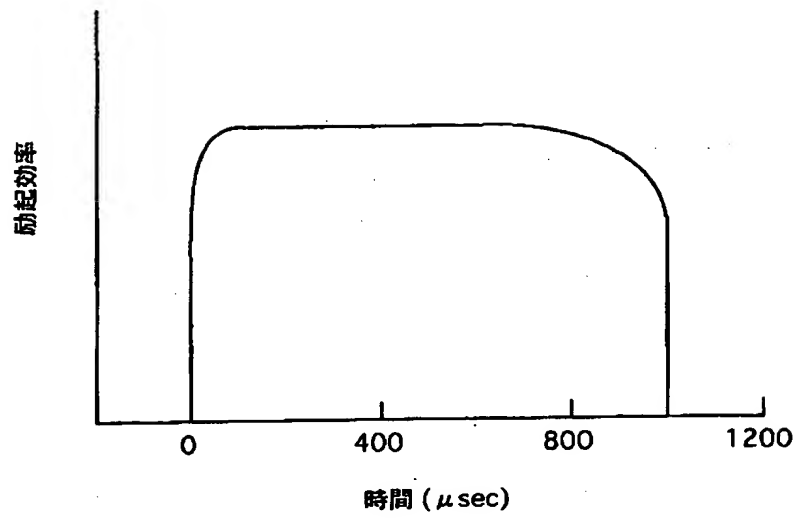


【図 1 0】

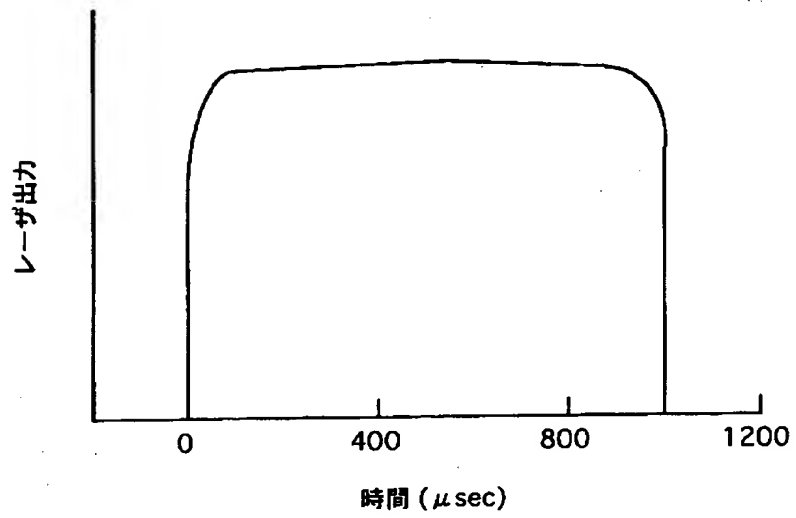


【図 1 1】

(a)

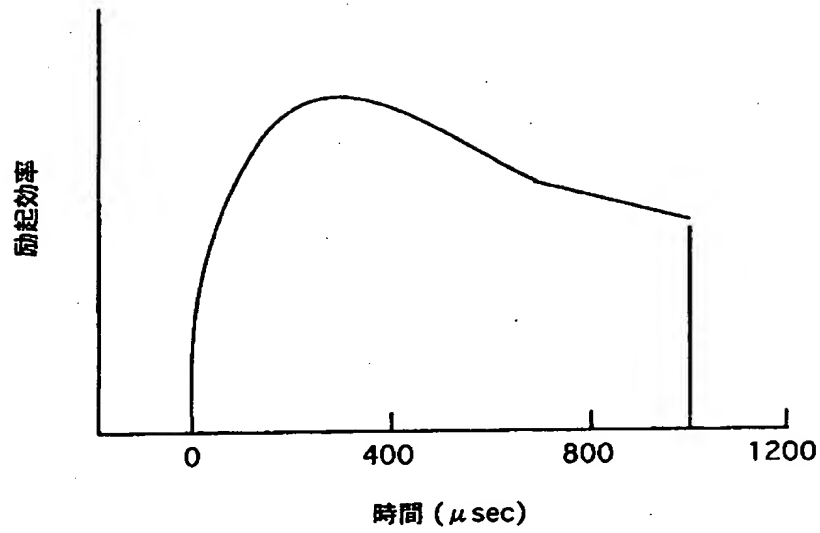


(b)

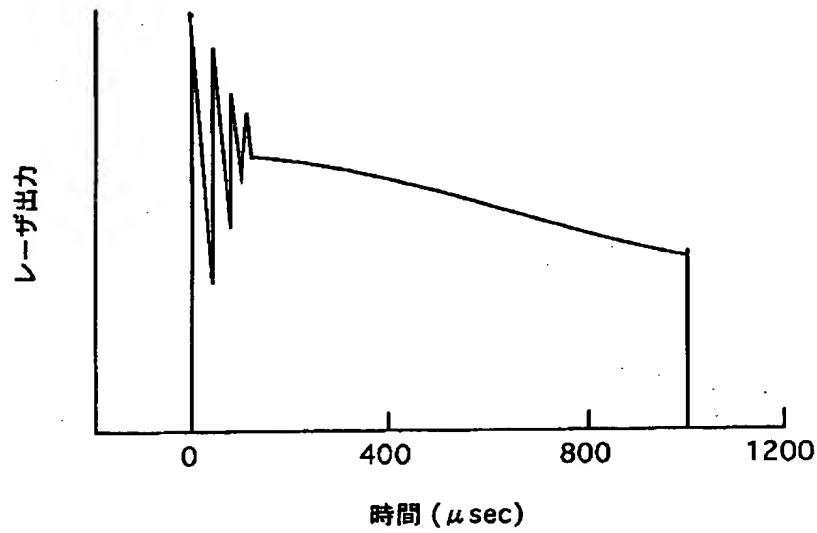


【図 1 2】

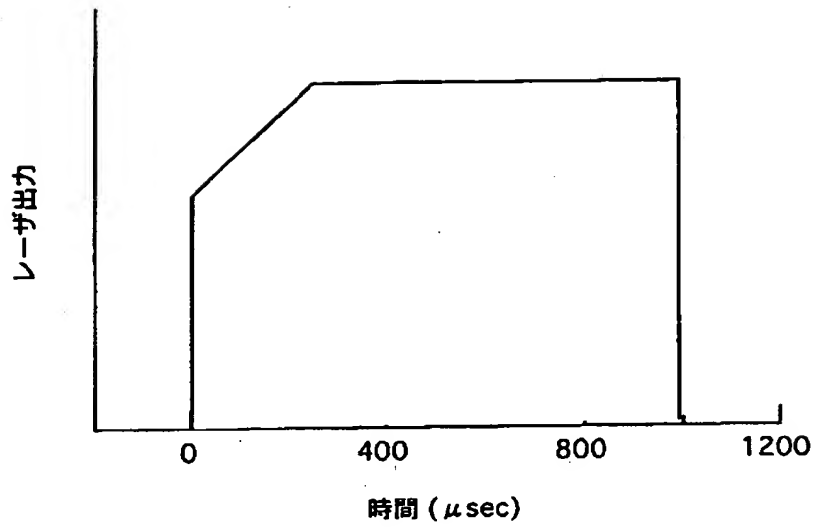
(a)



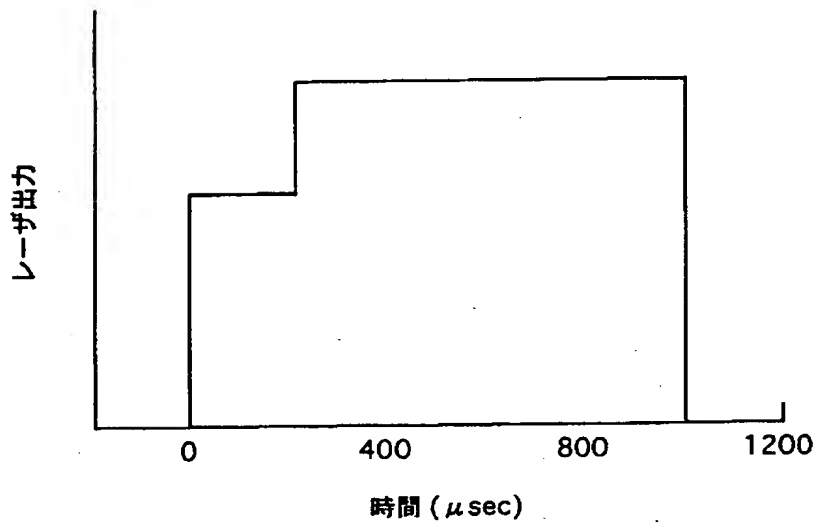
(b)



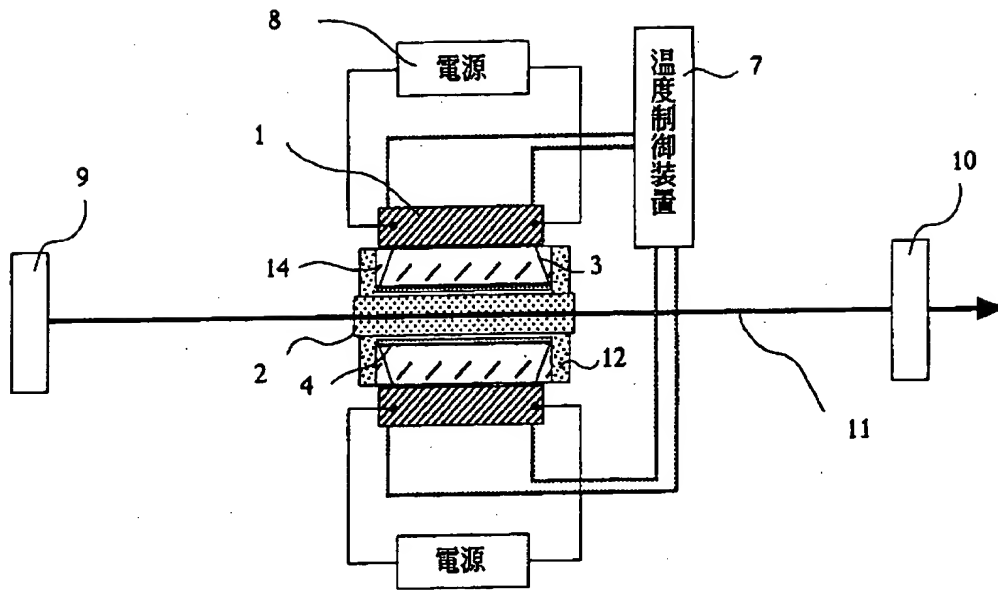
【図 1 3】



【図 1 4】

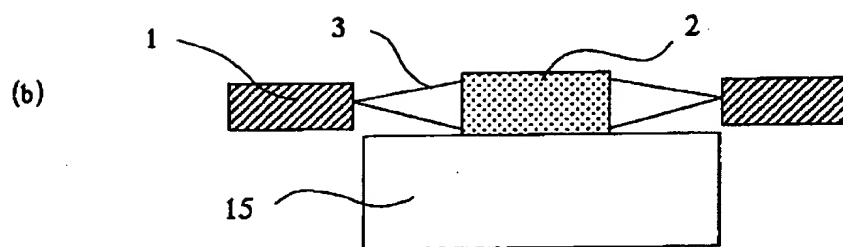
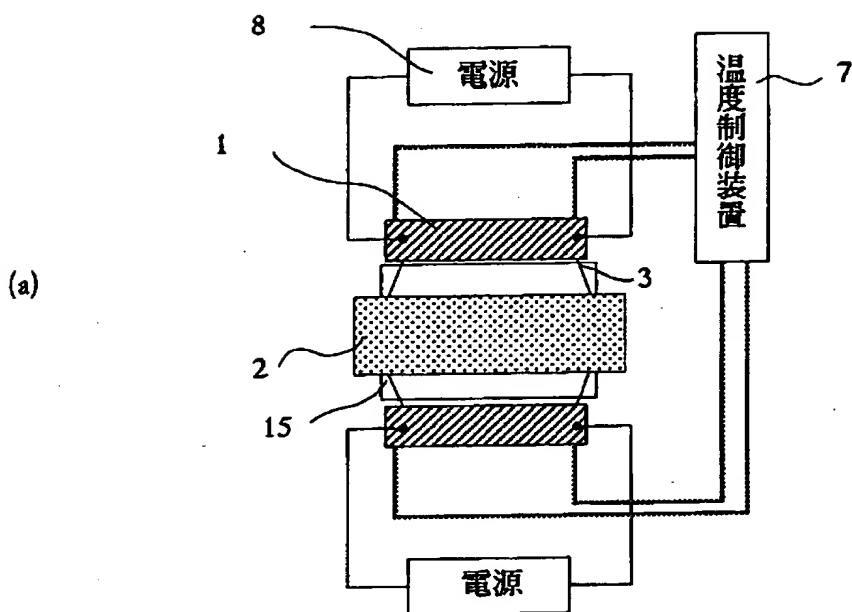


【図 1 5】



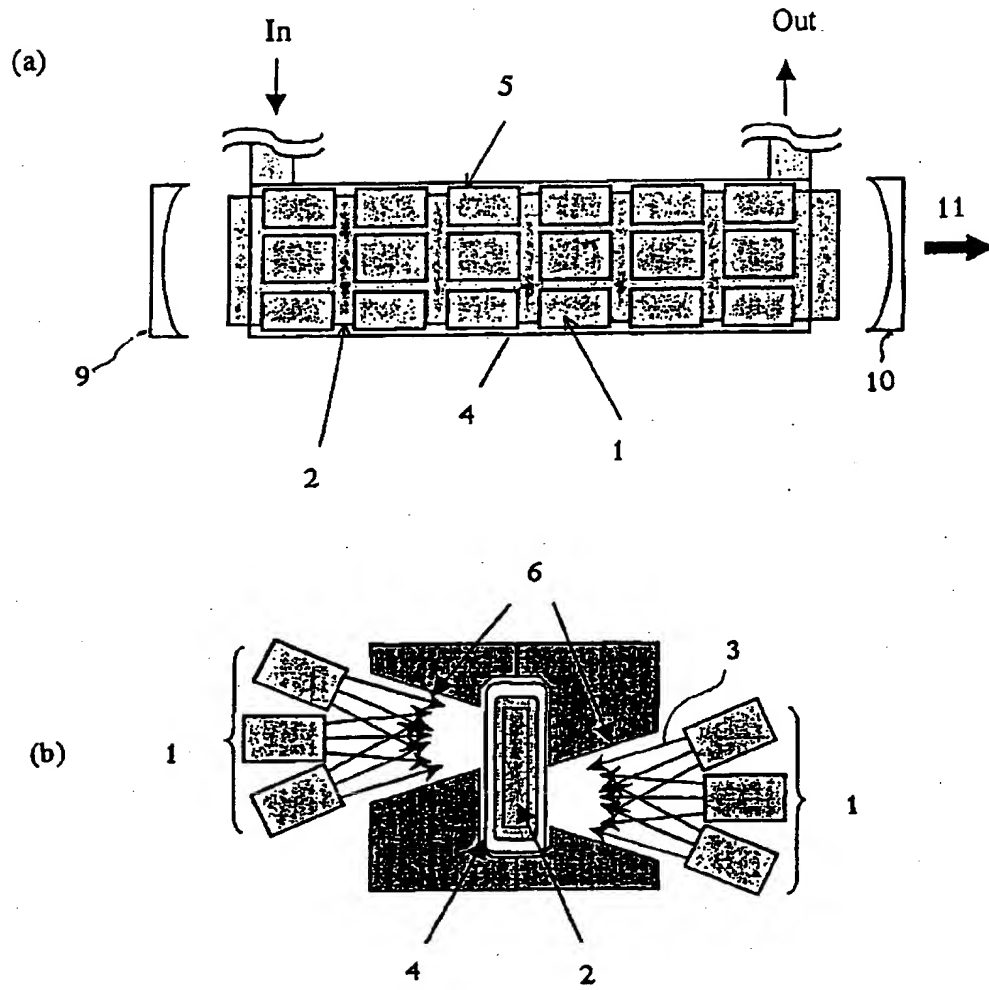
- 1 2 拡散反射集光器
- 1 4 光導波光学素子

【図 1 6】

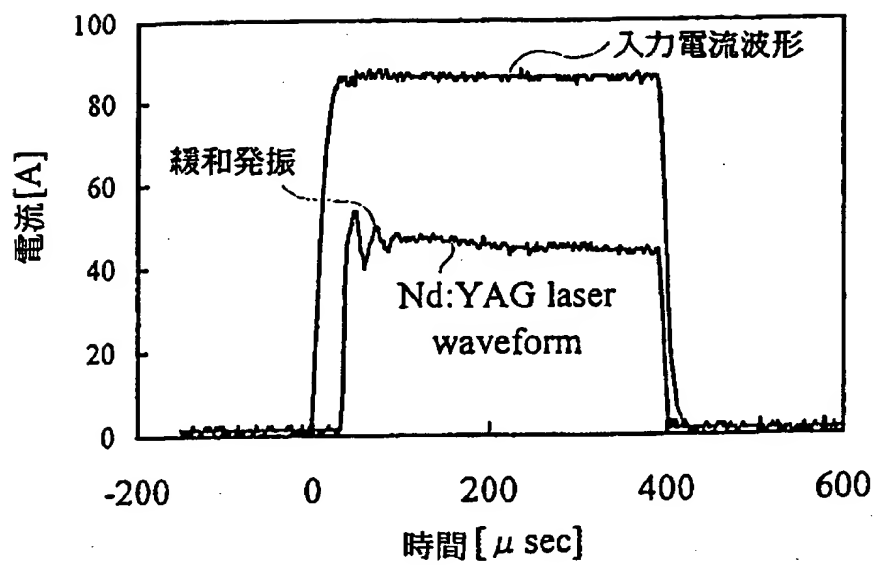


1 5 冷却板

【図 1 7】



【図 1 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 安定で高出力かつ高効率なレーザービームを発生させることができる半導体レーザー励起固体レーザー装置を得る。

【解決手段】 活性媒質を含む固体レーザー素子 2、固体レーザー素子を光励起する半導体レーザー 1、半導体レーザーに電力を供給する電源 8、光励起された固体レーザー素子よりレーザー光を取り出す光共振器 9、10 を備え、半導体レーザー 1 をパルス動作させ固体レーザー素子をパルス励起する際、半導体レーザーに流す電流を、1 パルス内で変化させる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名 三菱電機株式会社